Revue suisse Zool.	Tome 86	Fasc. 3	p. 705-712	Genève, septembre 1979

Vergleichend-morphologische Untersuchungen an den Hautsinnesorganen der Blindschleiche, *Anguis fragilis* (Anguidae) und der Würfelnatter, *Natrix tessellata* (Colubridae)

von

Doris WALZTHÖNY und Vinzenz ZISWILER [1]

Mit 3 Abbildungen

Abstract

Comparative morphology of the mechanoreceptors in the skin of *Anguis fragilis* **and** *Natrix tesselata.* — Sensory organs in the integument of the head region of two Squamata species, *Anguis fragilis* and *Natrix tessellata*, were morphologically investigated and compared. Both species have cutaneous sensilla/touch buds, known as "Tastknospen". Merkel cells are absent in *Anguis*, and cutaneous setae are absent on the cutaneous sensilla/touch buds of *Natrix*. Lamellated receptors are only found in the corium of *Natrix*.

EINLEITUNG

Die heutigen Kenntnisse über Hautsinnesorgane von Reptilien sind noch lückenhaft. Vor allem fehlen umfangreichere vergleichende Untersuchungen über ein breiteres Formenspektrum innerhalb der einzelnen Ordnungen. Um Anhaltspunkte über die Relevanz und die Bewertungskriterien solcher Vergleiche zu gewinnen, wurden hier Vertreter zweier nicht näher miteinander verwandter Squamatenfamilien mit sehr unterschiedlicher Lebensweise auf ihre Hautsinnesorgane hin vorläufig lichtmikroskopisch untersucht und miteinander verglichen.

[1] Das Forschungsprogramm des zweiten Autors wurde unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

MATERIAL UND METHODEN

Es wurden Schuppen und Schilder des Kopfbereichs von je 2 Exemplaren von *Natrix tessellata* und *Anguis fragilis* präpariert und verglichen.

Die Hautstücke wurden in 10% gepuffertem Formol fixiert und nach dem Entkalken (in Komplexon während 2 bis 4 Wochen) nochmals in 10% Formol eingelegt· Alle Hautstücke wurden mit CO_2 in Ames O.C.T. Compound (Ames Company, Division Miles Laboratories, Inc., Elkhart, Indiana 46514) eingebettet, im Cryocut, je nach Färbung, 14 µm oder 40 µm, dick in Serie geschnitten, auf die mit Eiweissglycerin behandelten Objektträger nach der Methode von Apathy (Romeis 1948) aufgefangen und nach der Färbung oder Silberimprägnation mit Malinol eingeschlossen. Die Hautsinnesorgane wurden mit der HE-Färbung, der Silberimprägnation nach Winkelmann (Ralis *et al.* 1973) und mit der Combined Silver/Luxol Fast Blue Färbung (Ralis *et al.* 1973) dargestellt. Die Präparate wurden lichtmikroskopisch ausgewertet und ausgemessen und photographiert.

ERGEBNISSE

Natrix tessellata

Intraepitheliale Sinneselemente

In der Epidermis der Würfelnatter endigen freie, nicht myelinisierte Nervenfasern (Abb. 1*a*), die sich noch innerhalb des Epithels vielfach zwischen den Zellen verzweigen können. Die Fasern enden, selten in kleinen Endknöpfchen, an Zellen, die dicht unter dem Stratum corneum liegen, ca. 30 bis 40 µm unter der Hautoberfläche. In der Nähe der Nervenenden unter der Hornschicht sind Zellen mit einem Durchmesser von 18 µm und einem Kerndurchmesser von 5 µm besonders häufig anzutreffen. Sie fallen vor allem durch ihr helles und fibrilläres Cytoplasma auf (Abb. 2*b*). Ob dies die Epithelzellen sind, in welche die Rezeptorblase der Nervenenden, von einem Geflecht von Tonofibrillen überzogen, invaginiert (von Düring 1973*a*), kann lichtmikroskopisch nicht erklärt werden.

Ebenfalls intraepitheliale Nervenendigungen findet man im Epithel der Tastknospen (Abb. 1*b*, 2*c*). Nervenfasern ziehen aus dem Corium ins Epithel der Tastknospe und endigen an den zu Tastzellen umgebildeten Stratum germinativum-Zellen. Bis zu 7 Fasern können in einer Knospe enden. Wenige dieser Fasern entsenden Abzweigungen bis zu den Sinneszellen dicht unter der Hornschicht.

Sinnesorgane im Corium

In den Coriumpapillen der Tastknospen liegen unter dem Epithel ca. 3 bis 5 dicht geschichtete, in 1 bis 2 Säulen parallel gelagerte Zellen. Sie sind 11 µm lang, 4.5 µm breit und liegen parallel zur Hautoberfläche (Abb. 1*b*, 2*a*). Zu diesen Zellpackungen ziehen aus dem tiefen Bindegewebe 1 bis 2 Nervenfasern, verzweigen sich zwischen den Zellen, wobei Nervenästchen mit kleinen Endknöpfen an den Zellen selbst enden, andere Ästchen aber die Zellen umschlingen und dann ins Epithel der Tastknospe aufsteigen. Diese Zellen werden in der Literatur als Merkelsche Zellen beschrieben.

In der Haut der Würfelnatter findet man noch ein weiteres Sinnesorgan im Bindegewebe. Ca. 250 µm unter der Hautoberfläche liegen die Lamellenkörperchen (lamellated receptors; von Düring 1973*b*). Im Lichtmikroskop erscheinen sie im

Längsschnitt als Nervenfasern mit breiter Schwann'scher Scheide. Der Nervenfasernverlauf kann verzweigt und gewunden sein (Abb. 2*d*). Die Kerne der Schwann'schen Zellen flankieren die Scheide auf beiden Seiten. Dieses Sinnesorgan ist ca. 90 μm lang und 30 μm breit (Abb. 1*d*) und liegt nicht in einer bevorzugten Richtung zur Hautober-

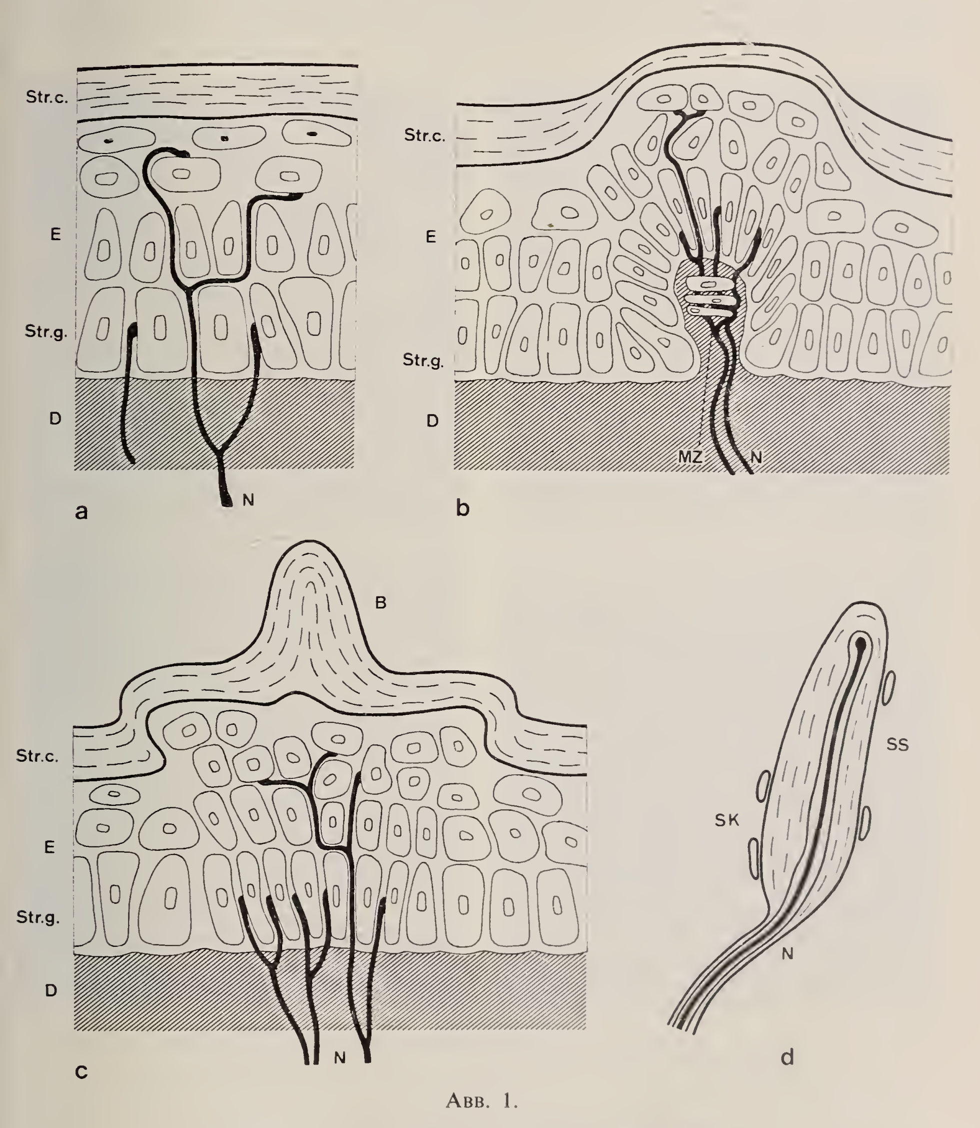


ABB. 1.

Schematisierte Darstellungen der Hautsinnesorgane.

a) *Natrix tessellata*. Freie, nicht myelinisierte Nervenfasern enden an basalen und superfiziellen Sinneszellen des Epithels; b) *Natrix tessellata*. Längsgeschnittene Tastknospe mit Merkelschen Zellen in der Coriumpapille; c) *Anguis fragilis*. Längsgeschnittene Tastknospe mit Borste; d) *Natrix tessellata*. Längsgeschnittenes Lamellenkörperchen in der Dermis.

B Borste, D Dermis, E Epidermis, MZ Merkelsche Zellen, N Nerv, SK Kerne der Schwann'schen Zellen, SS Schwann'sche Scheide, Str.g. Stratum germinativum, Str.c. Stratum corneum.

fläche. Diese lamellierten Rezeptoren weisen Ähnlichkeiten zu den Herbstschen Körperchen der Vögel auf (WALZTHÖNY, in Vorb.; ZISWILER & TRNKA 1972; KRULIS 1978).

Tastknospen

Die oben erwähnten Tastknospen sind meistens aus sowohl epithelialen als auch chorialen Rezeptorelementen zusammengesetzt. Die Knospen sind 45 µm breit und

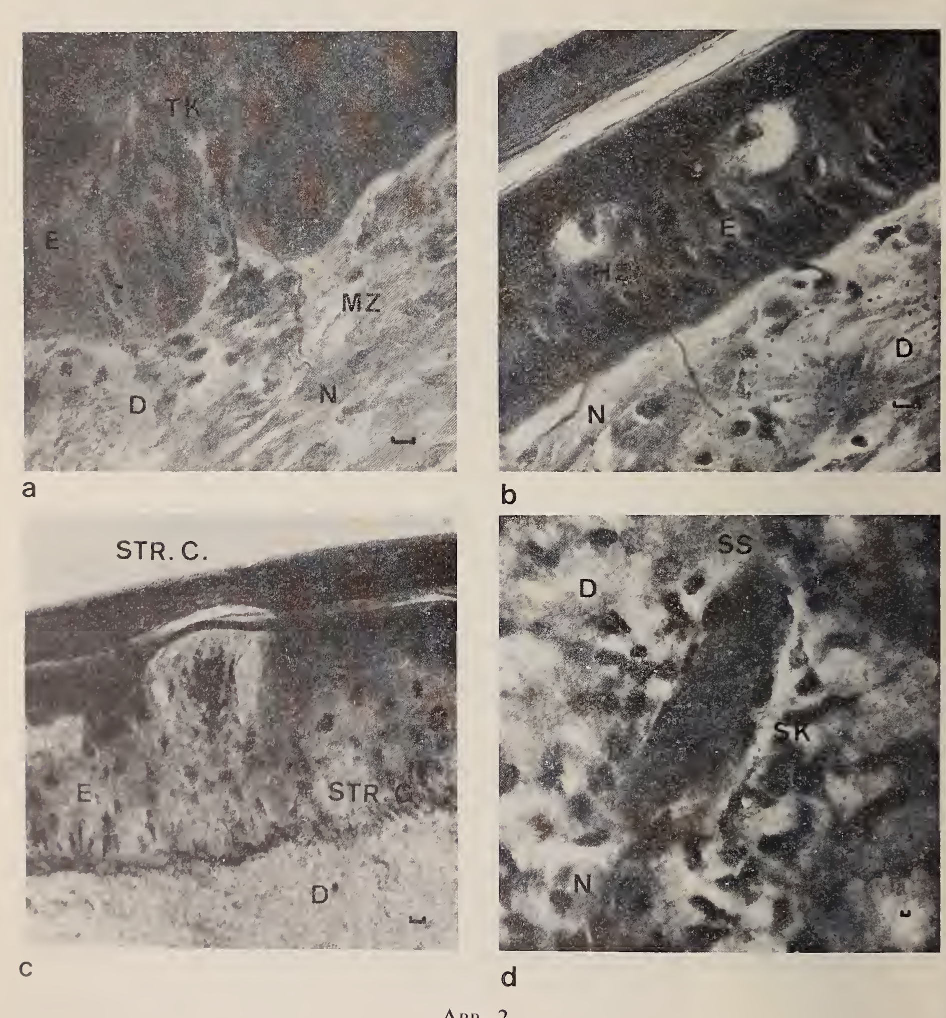


ABB. 2.

Natrix tessellata.

a) Merkelsche Zellen in der Coriumpapille einer Tastknospe; b) Helle gefaserte Zellen in der Nähe von Nervenendigungen; c) Tastknospe mit Nervenendigungen in den basalen Lagen des Stratum germinativum; d) Lamellenkörperchen, längsgeschnitten. Schwann'sche Kerne flankieren auf beiden Seiten die Myelinscheide. Masseinheit 1 µm.

D Dermis, E Epidermis, HZ Helle Zellen, MZ Merkelsche Zellen, N Nerv, SK Kerne der Schwann'schen Zellen, SS Schwann'sche Scheide, Str.g. Stratum germinativum, Str.c. Stratum corneum, TK Tastknospe.

ca. 35 μm hoch. Über der Coriumpapille, wo dicht gepackt die Merkelschen Zellen geschichtet sind, liegen zu einer Knospe gedrängt Epithelzellen (ca. 40 μm unter der Hautoberfläche), die im basalen Bereich zylindrisch und geordnet, gegen das Stratum corneum hin eher rund und ungeordnet nebeneinanderstehen. Nervenfasern steigen aus tieferen Bindegewebsschichten zur Coriumpapille auf. Abzweigungen dieser Fasern enden dort an den Merkelschen Zellen. Die anderen Äste steigen zu den Sinneszellen in den basalen Epithelbereich der Knospe oder bis zu den Sinneszellen dicht unter dem Stratum corneum auf (Abb. 1*b*, 2*a*). Stützzellen und Sinneszellen können lichtmikroskopisch nur an den Nervenenden unterschieden werden. Über der Tastknospe ist die Hornschicht sehr dünn. Borsten oder Härchen fehlen. Die Knospen erheben sich entweder gar nicht oder nur wenige μm über die Hautoberfläche.

Anguis fragilis

Intraepitheliale Sinneselemente

Auch in der Haut der Blindschleiche werden lichtmikroskopisch 2 verschiedene intraepidermale Sinneszellen festgestellt. Freie, nicht-myelinisierte Nervenfasern enden ca. 20 μm unter der Hornschicht an Zellen, deren Kerne mit der Silberfärbung besonders

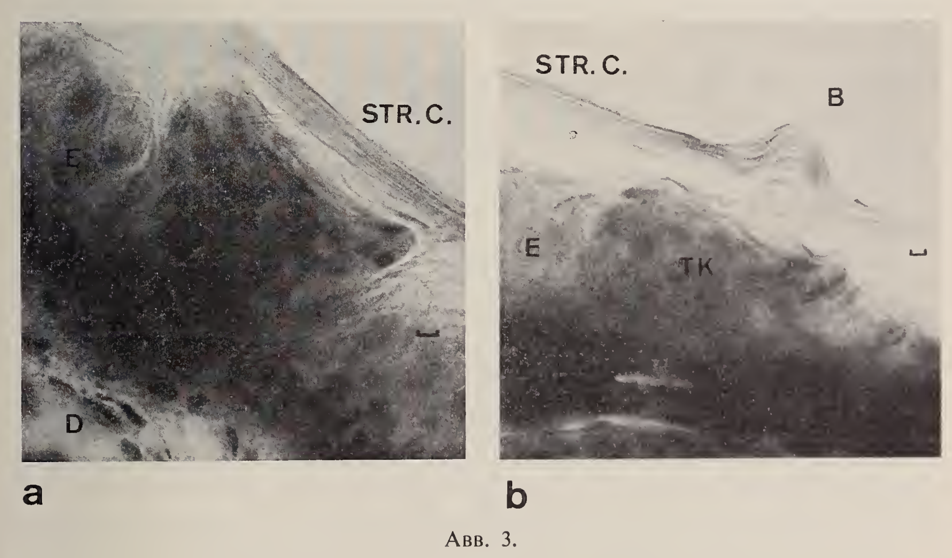


ABB. 3.

Anguis fragilis.

a) Längsgeschnittene, nach aussen abgeflachte Tastknospe ohne Borste;
b) Längsgeschnittene Tastknospe mit Borste. Masseinheit 1 μm.
B Borste, D Dermis, E Epidermis, Str.c. Stratum corneum, TK Tastknospe.

stark imprägniert werden (Abb. 1*c*). Die Nervenenden liegen meist in der Nähe von Zellen, die durch ihr helles, gefasertes Cytoplasma (helle Zellen) auffallen. Sie haben einen Durchmesser von 17 μm und einen Kerndurchmesser von ca. 5 μm. Die andern intraepithelialen Nerven enden in den basalen Zellagen des Stratum germinativum, und zwar an den Sinneszellen der Tastknospen (Abb. 1*c*, 3*a*, *b*).

Sinnesorgane im Corium

Merkelsche Zellen scheinen in der Haut der Blindschleiche zu fehlen. In den Papillen der Kopfhaut sind die für *Natrix* so typischen parallel geschichteten Zellpackungen mit den Nervenenden nicht gefunden worden. Lamellenkörperchen fehlen ebenfalls im Corium der Kopfhaut von *Anguis*.

Tastknospen

Da die Blindschleiche sehr wahrscheinlich — wenigstens im Kopfbereich — keine Merkelschen Zellen besitzt, bestehen die Tastknospen nur aus epithelialen Elementen. Die Tastknospen der Blindschleiche sind 60 μm breit und 35 μm lang (Abb. 1*c*). Man findet sie im Epithel, nur wenige über den Coriumpapillen. Sie bestehen aus einer Ansammlung von Epithelzellen, die im basalen Knospenteil zylindrisch und parallel ausgerichtet sind, gegen die Oberfläche hin eher rund geformt sind. Sinneszellen und Stützzellen können auch hier nur an den Nervenenden unterschieden werden. Vom tieferen Bindegewebe steigen Nervenfasern zu den Tastknospen auf, verlieren vor dem Eintritt ins Epithel ihre Myelinscheiden, verzweigen sich oft innerhalb der Knospe und enden an den Sinneszellen dicht unter dem Stratum corneum. Über den Tastknospen kann die Hornschicht zu einer kleinen Borste umgeformt sein, die an der Basis einen Durchmesser von 15 μm hat und ca. 10 μm lang ist (Abb. 3*b*). Sonst sind die Tastknospen der Blindschleiche, im Gegensatz zu denjenigen der Würfelnatter, nach aussen abgeflacht und verbreitert (Abb. 3*a*).

Vergleich der Hautsinnesorgane von Natrix *und* Anguis (Tab. 1)

Die Tastknospen der Blindschleiche sind rein epitheliale Gebilde (an den Kopfschuppen); denn ihnen fehlen die für Nattern typischen Merkelschen Zellen (Abb. 2*a*) in den Coriumpapillen, auf welchen die Tastknospen sitzen. Den Tastknospen der Nattern dagegen fehlen die für einige Vertreter der Echsen typischen Borsten (Hiller 1971) (Abb. 1*c*, 3*b*).

Sinneszellen besitzen sowohl Würfelnatter als auch Blindschleiche im basalen Stratum germinativum (Sinneszellen der Tastknospen) als auch in den oberflächlichen Zellagen des Epithels. Nervenenden findet man ebenfalls in den basalen und oberflächlichen Schichten des Epithels. Diese beiden Rezeptortypen entsprechen den Typen 1 und 3, die von Düring (1973*a*) bei Nattern elektronenmikroskopisch untersucht hat. Lamellierte Rezeptoren (von Düring 1973*b*) werden nur in der Haut der Würfelnatter gefunden. In den Kopfschuppen der Blindschleiche fehlen sie.

DISKUSSION

Beide Arten besitzen auf jeder Schuppe und jedem Schild mindestens 1 Sinnesorgan (Schmidt 1910), und beide Vertreter haben die für Squamata typischen Tastknospen (Jaburek 1927).

Die Unterschiede im Aufbau der Tastknospen von *Natrix* und *Anguis* sind wesentlich, können aber vorerst nicht funktionell gedeutet werden. Es scheint, dass sich das Vorkommen von Merkelschen Zellen und Borsten in den Tastknospen ausschliesst. Die Tastknospen mit Borsten scheinen einerseits mit grösserer Wahrscheinlichkeit verformt und abgeschert zu werden als solche ohne Borsten, so dass ein mechanischer Reiz besser transformiert werden kann; die Tastknospen mit Merkelschen Zellen anderseits könnten möglicherweise eine Verstärkung des elektrischen Reizes aus den epithelialen Sinneszellen nach zentral bewirken.

Tabelle 1

Quantitativer Vergleich der Hautsinnesorgane von Natrix tessellata und Anguis fragilis

Einheit: µm

	Natrix tesselata			*Anguis fragilis*		
Tastknospen	Mittel	SD	n	Mittel	SD	n
Breite	46.6	13.1	21	60.8	8.9	12
Höhe	34.8	10.2	13	35.2	6.4	12
Epithelhöhe	92.2	23.1	22	74.6	14.4	11
Borstenlänge	—			15.2	0.4	7
Borstendurchmesser	—			9.8	0.9	7
Merkelsche Zellen						
Länge	11.2	3.2	5	—		
Breite	4.6	0.4	5	—		
Lamellenkörperchen						
Länge	93.4	30.6	10	—		
Breite	34.2	9.1	10	—		
Lage unter Oberfläche	268.0	80.7	4	—		
Helle Zellen						
Durchmesser	18.4	3.7	9	17.3	4.5	4
Kerndurchmesser	5.8	0.9	7	5.0	0.9	4

Die Lamellenkörperchen in der Haut der Nattern stimmen in ihrer Grösse und ihrem Aussehen mit dem Innenkolben der Herbstschen Körperchen im Schnabel verschiedener Singvogelarten überein (Walzthöny, in Vorb.; Ziswiler & Trnka 1972; Krulis 1978). Möglicherweise haben sich die Herbstschen Körperchen der Vögel aus den Lamellenkörperchen der Reptilien weiterentwickelt. Wieso diese Lamellenkörperchen in den Kopfschuppen der Blindschleiche fehlen, kann nicht erklärt werden. Weitere Vertreter der Familie Anguidae müssen noch auf Hautsinnesorgane hin untersucht werden, um das Fehlen bei *Anguis* interpretieren zu können.

Zusammenfassung

Von 2 Vertreten nicht näher miteinander verwandter Squamatenformen, *Anguis fragilis* und *Natrix tessellata*, wurden die Hautsinnesorgane im Bereich der Kopfschuppen miteinander verglichen.

Beide Arten besitzen Tastknospen. Bei *Anguis* fehlen die Merkelschen Zellen in den Coriumpapillen, bei *Natrix* hingegen die Borsten auf den Tastknospen. Lamellenkörperchen werden nur im Corium von *Natrix* gefunden.

LITERATUR

VON DÜRING, M. 1973*a*. Zur Feinstruktur der intraepidermalen Nervenfasern von Nattern *(Natrix)*. *Z. Anat. EntwGesch.* 141: 339-350.

— 1973*b*. The Ultrastructure of Lamellated Mechanoreceptors in the Skin of Reptiles. *Z. Anat. EntwGesch.* 143: 81-94.

HILLER, U. 1971. Form und Funktion der Hautsinnesorgane bei Gekkoniden. I. Licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen. *forma et functio* 4: 240-253.

JABUREK, L. 1927. Über Nervenendigungen in der Epidermis der Reptilien. *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 10: 1-49.

KRULIS, V. 1978. Struktur und Verteilung von Tastrezeptoren im Schnabel-Zungenbereich von Singvögeln, im besonderen der Fringillidae. *Revue suisse Zool.* 85:

RALIS, H. M., R. A. BEESLEY & Z. A. RALIS. 1973. Techniques in Neurohistology. *Butterworth & Co. Ltd., London and Southampton*, 162 pp.

ROMEIS, B. 1948. Mikroskopische Technik. 15. verg. Auflage, *Oldenburg, München*, 695 pp.

SCHMIDT, W. J. 1910. Das Integument von *Voeltzkowia mira* Bttgr. Ein Beitrag zur Morphologie und Histologie der Eidechsenhaut. *Z. wiss. Zool.* 94: 605-720.

ZISWILER, V. und V. TRNKA. 1972. Tastkörperchen im Schlundbereich der Vögel. *Revue suisse Zool.* 79: 307-318.

Adresse der Autoren:

Zoologisches Museum der Universität Zürich
Winterthurerstr. 190
CH-8057 Zürich